

能源利用效率，降低运行成本。

4.1.2 运行调度方案的优化

利用自动化监控系统实时监测泵闸水位、流量和设备状态，根据实际优化水泵运行台数和时间。非汛期或水位低时减少运行台数，汛期或用水高峰期合理调配，确保泵闸在高效区运行，实现节能。

4.2 生态环保设计的具体实践

4.2.1 减少对周边环境的影响

泵闸建设时合理规划施工场地，减少土地占用和植被破坏。采用先进施工工艺，降低噪声和振动污染，减少对周边居民和生态环境的干扰。运行时加强设备维护，防止漏油污染水体。

4.2.2 生态修复与补偿措施的实施

在泵闸周边种植适宜植被，恢复生态多样性。结合横山河生态治理规划，建设小型湿地净化泵闸排水，提高水体自净能力，促进生态平衡。

5 西方站泵闸合建设计方案实施效果评估

5.1 引排水能力提升

西方站泵闸完成“三站合一”改造后，设计流量达到 $1.8\text{m}^3/\text{s}$ ，相较于改造前两站总设计流量 $1.4\text{m}^3/\text{s}$ ，引排水能力显著提升。在汛期能及时排除积水，减轻内涝风险；枯水期可为农业灌溉和工业生产提供稳定水源。

5.2 工程造价节约

通过拆除重建“三站合一”，整合分散设施，避免重复建设。在设计过程中，充分考虑设备选型和建筑材料性价比，优化设计方案，降低建设和维护成本，提高资金使用效率。

5.3 土地集约化利用

“三站合一”优化布局，减少土地占用面积，符合区域土地资源合理利用规划，为区域后续发展预留空间，促进土地资源可持续利用。

5.4 运行管理与维护优化

新建泵闸集中运行管理和维护工作，统一设备管理和人员调度，简化管理流程。自动化监控系统实时掌握设备运行状态，及时处理问题，提高设备可靠性和稳定性，延长设备使用寿命。

6 结论与展望

6.1 研究成果的全面总结

本研究围绕西方站泵闸合建设计与实践，确定了合

理的泵闸规模，优化了设备选型与布局，融入可持续发展理念。经实施和评估，泵闸在防洪排涝、供水保障和节能降耗方面达到设计要求，为区域发展提供了有力的水利支撑，研究成果具有较高的实用性和推广价值。

6.2 未来研究方向的展望

目前，芜湖市中小河流小型泵站、水闸数量众多，存在资源浪费和管理不便等问题。在未来水利工程建设中，应注重功能统一，推进泵闸合建等整合措施，实现资源优化配置，提高水利设施整体运行效率。

持续探索智能化、绿色化建设与管理模式，加强生态环保技术在泵闸建设中的应用，将泵闸建设与城市景观、休闲功能相结合，提升城市品质。同时，在设计和建设过程中充分考虑区域发展动态需求，预留发展空间，以适应未来城市发展和水资源调控变化，不断推动水利工程技术创新与进步。

参考文献：

- [1] 胡春宏, 陈生水, 钟登华, 等. 水利工程现代化理论与技术前沿 [M]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [2] 吴中如. 水工建筑物安全监控理论及其应用 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.
- [3] 王光谦, 胡和平. 水资源系统分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2019.
- [4] 付湘, 纪昌明. 水利水电工程规划 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2017.
- [5] 冯民权, 黄强. 水文学 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.
- [6] 李同春, 陈建康. 水工结构 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2019.
- [7] 方铎. 河流动力学 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2018.
- [8] 刘宁. 现代水利工程建设与管理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.
- [9] 任伯帜, 邓仁健. 泵站与水闸 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2018.
- [10] 李继选, 朱岳明. 水工混凝土结构 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2019.

散货港区雨污分流设计实例分析研究

翟宇昆, 唐玮

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 散货港区雨水排放要求日趋严格, 其中不同类型散货堆场对清洁雨水与初期雨污水的界定、收集和处理为散货港区雨水系统设计的关键因素。针对散货港区清洁雨水与初期雨水混合收集、初期雨水储蓄能力不足、港区内涝严重等问题, 以某散货港港口雨污分流设计为例, 与其他散货港区传统雨水排水设计方案进行对比, 雨污分流设计体现出污染控制效果好、港区内涝风险小、水资源回用率高等优点, 为同类港口项目的雨水设计提供思路与方法, 具有一定的借鉴意义和推广价值。

关键词: 雨污分流; 散货港区; 海绵城市; 初期雨水

中图分类号: U653.99 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2025) 21—0045—03

1 引言

散货港口建设在早期多采用露天堆存的堆货方式, 雨水系统收集全港区堆场全部径流雨水后进行处理回用。近年来环保要求逐渐严格^[1], 散货港口多采用封闭仓库的堆存形式, 港区内综合径流系数增大, 整体雨水量变大。部分露天堆场散货港区进行改造后, 同时存在露天堆存区与封闭仓库堆存区^[2], 在暴雨天气下, 封闭仓库棚顶产生的大量清洁雨水与露天堆场产生的雨污水混合, 污水量激增, 原生产污水处理站的调蓄、处理能力无法满足新增雨污水的需求, 雨污水不能直接外排, 造成整个港区范围内大面积内涝, 严重影响港口生产, 甚至危害员工的人身安全。本文根据某散货港雨污分流改造设计实例, 结合改造后实际排水效果, 分析散货港区雨污分流的问题及解决方法, 为其他类似项目提供思路。

2 项目概况及存在问题

2.1 项目概况

本港区位于山东省济宁市, 总体布局为中部布置堆场、东侧布置铁路卸车区及码头装卸区、南侧布置进出

港通道及停车场、北侧布置人员办公区。经环保改造后中部堆场部分改造为封闭煤棚, 部分保持原露天堆场。堆场雨水收集设施主要为排水沟, 沿道路布置收集整个港区内的雨水及生产污水。具体布置如图 1 所示。

2.2 存在问题

2.2.1 清洁雨水与初期雨污水混流

本港区根据雨水收集处理类型可分为封闭煤棚区、露天堆场区、散货运输区及人员办公区。各功能区各自的特点, 降雨时产生污水的时间和水量均有不同, 不同区域的雨水收集处理要求详见表 1。

表 1 不同区域雨水收集处理要求

编号	区域	雨水收集标准	处理标准	排放回用标准
1	露天堆场区	全部收集	按《水运工程环境保护设计规范》对散货污水要求处理	处理达标后不得外排, 可回用于冲洗、绿化等
2	封闭煤棚区、散货运输区	收集前 10mm 初期雨水	采用混凝沉淀方式处理, 水质应达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》车辆冲洗要求	初期雨水处理达标后不得外排, 可回用于冲洗、绿化等; 后期雨水为清洁雨水, 可以直接排放
3	人员办公区	收集前 10mm 初期雨水	采用沉淀的方式进行处理	初期雨水处理达标后不得外排, 可回用于冲洗、绿化等; 后期雨水为清洁雨水, 可以直接排放

港区原雨水系统只包括一套排水沟, 所有雨水收集

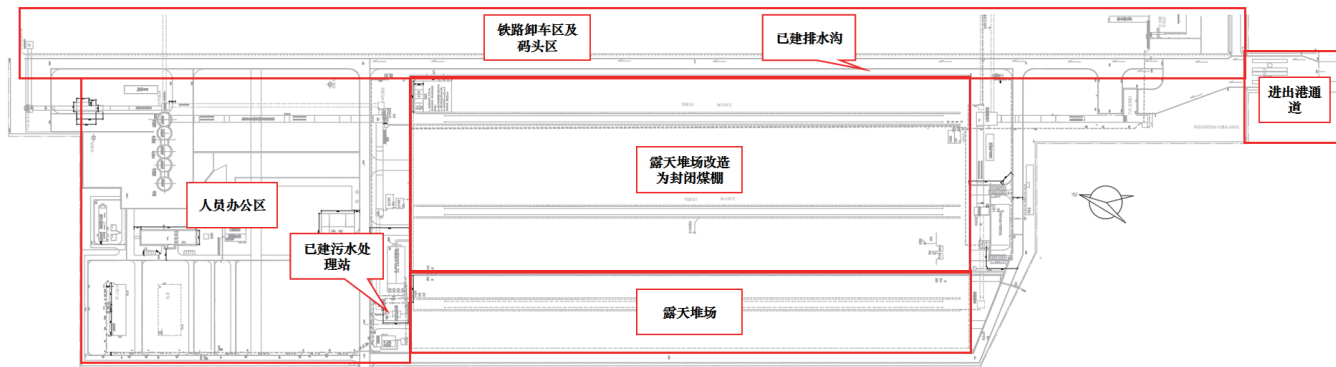


图 1 项目总体布置图

后均排放至生产污水处理站。将露天堆场改造为封闭煤棚后,封闭煤棚区、散货运输区及人员办公区的后期清洁雨水未与初期雨水、露天堆场区的雨污水分系统进行收集处理,混流在一起后清洁雨水被雨污水污染。

2.2.2 清洁雨水与初期雨污水混流

根据《室外排水设计标准》(GB 50014),封闭煤棚径流系数为1,露天堆场径流系数为0.2^[4],露天散货堆场改建为封闭煤棚后,综合径流系数增大,雨水量变大。暴雨时封闭煤棚、辅建区等区域产生的清洁雨水与露天堆场产生的雨污水混合,污水量激增。原生产污水处理站生产污水沉淀池总容积约2000m³,竖流沉淀池处理能力为100m³/h,无法满足雨污水的收集及处理需求。

2.2.3 清洁雨水无法外排

封闭煤棚区、散货运输区及人员办公区等区域产生后期雨水为清洁雨水,可排放至相应水体。由于港区内清洁雨水与雨污水均在同一排水系统中混流,导致可排放至水体的清洁雨水被其他雨污水污染,清洁雨水无法直接外排。

3 雨污分流改造方案设计

为解决上述问题,根据港区改造的具体内容,结合有关规范和当地法规的要求,确定雨污分流的标准和原则,从收集、处理和排放三方面对港区的雨水系统进行改造。

3.1 收集标准

根据港区不同区域产生雨水的水质,将港区分为雨水区和生产污水区。雨水区即产生雨水中不含散货的区域,包括生产辅建区、封闭煤棚区、翻车机房及进出港大门区;生产污水区即产生雨水含散货的区域,包括露天堆场区、筒仓生产区、码头区及散货车辆通行道路。雨水区初期雨水收集处理后回用,后期雨水直接排放。生产污水区露天堆场全部径流雨水、其他区域初期雨水收集处理后回用,露天堆场外其他生产污水区后期雨水为清洁雨水,可直接外排。

3.2 水量计算

根据《海绵城市设计规程》^[4]及《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》^[5]规定,初期雨水弃流量计算公式如下:

$$W=10 \times \delta \times F$$

式中:

W——初期弃流量(m³);

δ ——初期径流厚度(mm),小区路面取

2~5mm,市政路面取7~15mm;

F——汇水面积(h·m²)。

港区初期径流厚度根据2年重现期内最大日降雨厚度确定,根据《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》取值,2年重现期内最大日降雨厚度为72.6mm。

初期径流厚度计算如下:

$$\delta = H \times TC / T$$

式中:

H——2年重现期内最大日降雨厚度(mm);

TC——初期雨水收集时间(min),依据常规工程规定,选取15min;

T——1次降雨时间(min),依据经验,选取120min。

经计算,济宁地区初期径流厚度为9.0mm,向上调整为10.0mm,符合《海绵城市设计规程》及《建筑与小区雨水控制及利用工程技术规范》取值要求。

根据气象局资料,本方案露天堆场收集径流雨水厚度取124mm。

经计算本工程雨水区收集降雨量3186.784m³,生产污水区收集降雨量1660.806m³。

3.3 雨水收集系统改造

雨水收集系统改造的重点是在“雨水区”和“生产污水区”分别设置独立的雨水收集管网,收集的雨水分别输送至不同的处理设施进行处理,保证不同水质的水不混流。

3.3.1 露天堆场与封闭煤棚间排水沟改造

原露天堆场与封闭煤棚间设置1道排水沟,为将两种不同水质的雨水分开,紧邻原排水沟新增B=600mm污水排水沟,坡度为0.0015,收集露天堆场径流雨污水,排放至生产污水处理站处理回用。原排水沟收集封闭煤棚顶雨水,扩宽至B=1200mm,坡度调整为0.0015,排放至南侧雨水收集池回用。新增污水沟与原排水沟间设置B=300mm,H=0.5m挡墙,防止封闭煤棚顶清洁雨水误排至露天堆场侧。

3.3.2 排水沟能力提升

本工程原排水沟存在沟宽不足、坡度不足等问题,在暴雨工况下经常发生积水。对部分能力不足的排水沟进行改造,提升港区排水的顺畅性。

3.3.3 筒仓区排水沟改造

在筒仓四周新建B=600mm排水沟,坡度为0.003,用来收集筒仓周围及内部产生含煤污水。污水收集至